

文章编号: 1006-4354 (2007) 06-0012-04

# 两次特大山地灾害的气象成因对比分析

石 明 生<sup>1,2</sup>

(1. 兰州大学大气科学学院, 兰州 730000; 安康市气象局, 陕西安康 725000)

**摘 要:** 对诱发秦巴山区两次特大山地灾害的特大暴雨的主要影响系统、物理量场特征、卫星云图演变等进行对比分析。副热带高压和乌山阻高的维持和有利配置为这两次特大暴雨提供了有利的背景条件, 副热带高压外围的西南气流、低空急流为暴雨天气提供了充沛的水汽条件, 高空槽、低空切变线的共同作用, 产生了特大暴雨。两次过程高低空急流都是耦合出现的, 低层辐合、高层辐散的上升运动以及夜晚对流发展触发对流不稳定能量释放, 促进中尺度对流的旺盛发展。

**关键词:** 关键词: 秦巴山区; 山地灾害; 特大暴雨; 对比分析

**中图分类号:** P458.121.1      **文献标识码:** A

2000 年 7 月 13 日地处巴山腹地的紫阳、镇巴等地出现了百年不遇的特大暴雨, 紫阳县联合乡 24 h 雨量达 220.0 mm (简称“7.13”暴雨)。暴雨使汉江干、支流洪水暴涨, 诱发了多处严重的山体滑塌和泥石流, 造成紫阳县的联合、麻柳等 20 多个乡镇局部毁灭性的特大自然灾害, 死亡 276 人, 失踪 10 人, 直接经济损失 2 亿元以上。2003 年 8 月 29 日位于秦岭南麓的宁陕、石泉等县也出现百年不遇的特大暴雨, 宁陕县 24 h 降水量达 304.5 mm (简称“8.29”暴雨), 为有气象记录以来, 安康各站日降水量历史之最。暴雨使几十个乡镇出现了山体滑塌和泥石流, 宁陕县城几乎遭受灭顶之灾, 紧急转移了近万人。

## 1 两次大暴雨的时空分布特征

根据有关气象和水文站雨量点资料, “7.13”暴雨的雨量最大值出现在紫阳县西南部的联合、麻柳、茅坝和镇巴县南部的渔渡、观音; 过程总量 $\geq 300$  mm 区域位于联合、麻柳、镇巴、渔渡和巴山一带, 其中渔渡达 348.8 mm; 最大日降水量为联合乡, 达 220.0 mm, 而位于联合乡北部 40 km 的紫阳气象站仅 52.2 mm (13 日), 相差 167.8 mm。强降水区位于大巴山和米仓山交界处巴山北坡的任河流域, 属于比较典型的喇叭口地形。

8 月 29 日—9 月 1 日陕南出现持续性大范围暴雨天气, 降水量 1 站 300.0 mm 以上, 2 站 100.0 mm 以上, 12 站 50.0 mm 以上, 23 站 38.0 mm 以上, 为建国以来范围最广、强度最大的自然灾害, 其受灾面积和程度都为有历史记录以来从未出现过。8 月 28 日晚到 9 月 2 日宁陕、石泉、镇安、柞水等县先后出现暴雨和特大暴雨, 最大降雨量出现在秦岭南坡 (迎风坡) 的宁陕县关口 (城关镇)、汤坪一带, 特别是宁陕县 28 日 20:40 到 29 日 00 时降水量 126 mm, 日降水量 304.5 mm, 为安康各县区日最大降水量历史之最。

从降水的日变化分析, 强降雨都出现在凌晨到中午, 具有巴山地区降雨的典型特征<sup>[1]</sup>。“7.13”暴雨过程为典型的秦巴山区单峰型降水 (图略), 降水峰值出现在 10—12 时, 12 时后降水逐渐减弱, 14—15 时 1 h 降水量仅 1.5 mm; “8.29”暴雨过程主要出现在夜间到正午时段, 午后降水减弱, 与“7.13”暴雨的时间分布特征基本一致, 为秦巴山区双峰型降水, 峰值分别在 28 日 21—22 时和 29 日 12—13 时。山区午后降水减弱, 气温升高, 能量增加, 夜间地面产生的辐射由于云层的覆盖使能量在云层以下堆积, 而夜间云层顶部对宇宙产生辐射使云顶温度下降, 上下

温差加大, 对流不稳定加强, 使强降水一般产生在凌晨到中午。

## 2 天气形势分析

副热带高压和乌拉尔山阻塞高压对陕南夏季暴雨天气的产生有重要影响, 尤其是特大暴雨与副热带高压的位置及其进退联系密切。

### 2.1 “7.13”暴雨影响系统分析

副热带高压从7月10日开始持续增强西伸, 12日08时588 dagpm线从东部沿海西伸到陕南的南部, 乌拉尔山阻塞高压稳定维持, 新疆东部至蒙古国维持一歪脖子高脊, 脊前为一深槽, 暴雨区位于高空槽前、副高西北侧的西南气流里(图略)。20时, 高空槽东移, 副高继续增强西伸北抬, 副高外围的西南气流增强, 随着副高的增强和西风带系统的东移, 高空槽在陕南到川北上空摆动。700 hPa、850 hPa切变线位置几乎重叠, 从12日08时到14日08时, 一直在“川北—陕南—济南”上空摆动。切变线东南侧, 强盛的西南气流形成西南急流, 输送大量水汽, 从11日开始陕南上空水汽持续辐合, 到13日08时达最大。在切变线附近的高能区内, 由于夜晚对流增强触发不稳定能量释放, 生成对流云团沿切变线发展东移, 于13日凌晨影响安康紫阳, 大降水开始。

### 2.2 “8.29”暴雨影响系统分析

2003年8月下旬副热带高压异常强大, 陕西大部受副热带高压控制, 天气炎热。27日副热带高压开始减弱, 28日20时500 hPa图上(图略), 副热带高压西伸脊点位于 $105^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\text{N}$ 附近, 东北到河套西部为一低槽, 川西到陇东为一切变。乌拉尔山维持一阻塞高压, 脊前为一槽区, 并不断有冷空气下滑, 与副热带高压外围的西南暖湿气流在陕西南部交汇, 在秦岭南坡的宁陕等地造成强降水。29日08时副热带高压的强度继续减弱, 副高西侧不断有冷空气补充, 副高外围的偏南急流将暖湿气流源源不断向北输送, 为暴雨提供了充足的水汽。28日20时700 hPa图上(图略), 陕南西部有低涡生成, 并形成了一“人”字型切变, 高低空形势的配置对强降水的形成十分有利。

### 2.3 两次特大暴雨影响系统对比分析

副热带高压和乌山阻高的维持及其有利配置

为这两次特大暴雨提供了有利的背景条件, 都发生在副热带高压“西北侧”的“SW”气流(或急流)里, 在700 hPa、850 hPa切变线附近, 都有“SW”急流输送水汽; 两次暴雨都是由夜晚对流增强触发切变线附近的不稳定能量释放, 形成暴雨云团, 在切变线上有对流云团的合并发展“7.13”紫阳暴雨发生在副热带高压增强西伸时, 新疆东部至蒙古维持一歪脖子高脊。而“8.29”暴雨发生在副热带高压减弱东退时。

## 3 低空急流与水汽条件对比分析

低空急流是一种动量、热量和水汽的高度集中带, 被认为是给中纬度暴雨提供水汽和动量最重要的机制, 为发生暴雨提供了动力和热力条件<sup>[2]</sup>。对不稳定能量的积累、输送和释放起了关键作用。这两次特大暴雨都与低空偏南急流密切相关, 低空偏南急流与水汽最大输送中心相对应。

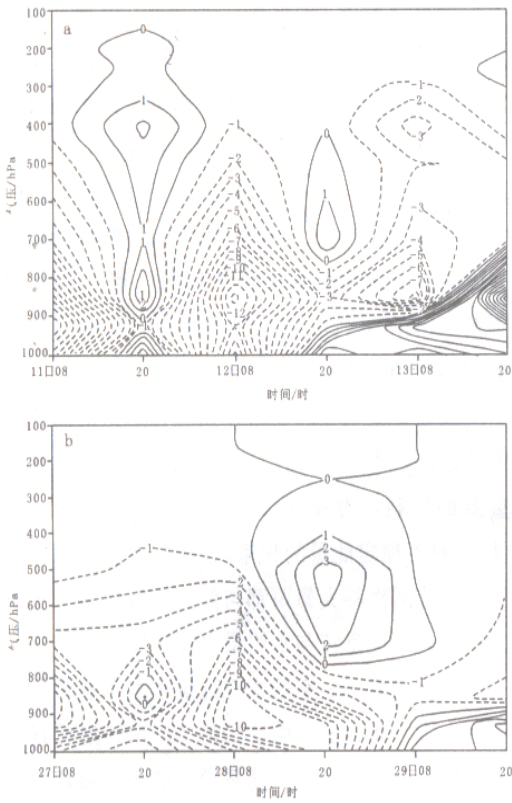
分析暴雨区上空的水汽通量和水汽通量散度可见: 这两次特大暴雨开始前700 hPa附近有水汽通量最大中心和水汽通量散度的最大辐合中心出现。暴雨区上空的水汽通量(水汽输送)中心出现时间早于水汽通量散度中心出现时间, 大约在暴雨开始前20 h左右形成水汽通量散度最大中心(图1)。

“7.13”暴雨表现得非常明显, 水汽通量最大中心位于巴山腹地的紫阳上空。从水汽通量散度时间剖面图可见, 从11日20时开始陕南上空水汽持续辐合, 到12日08时达最大, 850 hPa附近达 $-13 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。“8.29”暴雨过程中, 水汽通量散度最大在850 hPa附近, 达 $-11 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

## 4 高空急流和动力条件对比分析

分析这两次过程的涡度、散度和垂直速度演变特征, 发现降雨期间雨区上空始终位于正涡度区和负散度区, 同时存在十分强烈垂直运动, 上升气流使水汽不断凝结, 产生强降水。

“7.13”暴雨散度场, 13日08时雨区上空200 hPa以下均为负散度区, 最大辐合中心在700 hPa, 强度为 $-5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 在垂直速度时间空间剖面图(图2a)上, 从11日20时上升运动开始



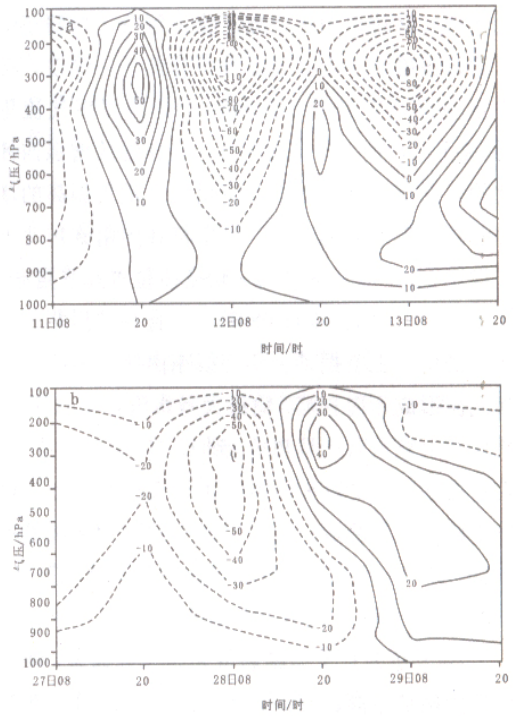
a. “7.13”暴雨; b. “8.29”暴雨

图 1 两次暴雨水汽通量散度时间空间剖面图  
(单位:  $10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ )

加强, 12 日 08 时最强, 垂直速度达  $-120 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ 。在 300 hPa 图上  $36^\circ\text{N}$  附近有一支急流轴为东西走向的高空急流。“8.29”暴雨过程中, 29 日 08 时高层辐散增强, 500 hPa 以上全为辐散层, 最大辐散中心在 250 hPa, 强度达  $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 最大辐合中心在 850 hPa, 强度达  $-10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 垂直速度时间空间剖面图上 (图 2b) 上升运动从 27 日开始连续增强, 28 日 08 时达  $-60 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ ; 对应在 300 hPa 图上  $38^\circ\text{N}$  附近有一支急流轴为东西走向的高空急流, 急流带的风速在 40 m/s 以上, 陕南正处在急流出口区的右侧 (图 3b)。

有高低空急流耦合的情况下, 特别是高空急流出口区的高低空急流耦合常常有利于强对流的发生和发展<sup>[3]</sup>。从高低空急流耦合图上可以看出, 两次过程中高低空急流都是耦合出现的, 强降水

区都出现在高低空急流相交的第三象限内 (图 3)。“8.29”暴雨的高空急流位置偏北且偏强, 特征表现得更为明显。低空急流为强降水源源不断地输送暖湿空气, 高空急流输送冷平流, 从而增加了大气不稳定性, 而且高低空急流耦合产生的次级环流中的上升气流触发不稳定能量的释放促进中小尺度的发展产生强降水。“7.13”暴雨的垂直运动特别旺盛, 抽吸作用很强烈。



a. “7.13”暴雨; b. “8.29”暴雨

图 2 两次暴雨垂直速度时间空间剖面图 (单位:  $10^{-3} \text{ hPa/s}$ )

5 卫星云图对比分析

“7.13”暴雨中, 在川北和高原地区的气旋性环流区域维持着一低涡云系, 范围很大, 强盛时期 (13 日) 笼罩着整个四川盆地和高原大部, 由于受高空西风环境的影响, 产生向东的流出气流, 几乎每天都甩出中小尺度的对流云团, 在低空偏南急流的引导下, 北涌至川陕交界地带。山区的夜间低层大气层结不稳定加剧, 更有利于对流的发展加强, 生成暴雨云团, 从而导致了暴雨和大暴雨天气<sup>[4]</sup>。13 日 00 时的红外云图上, 巴山一带

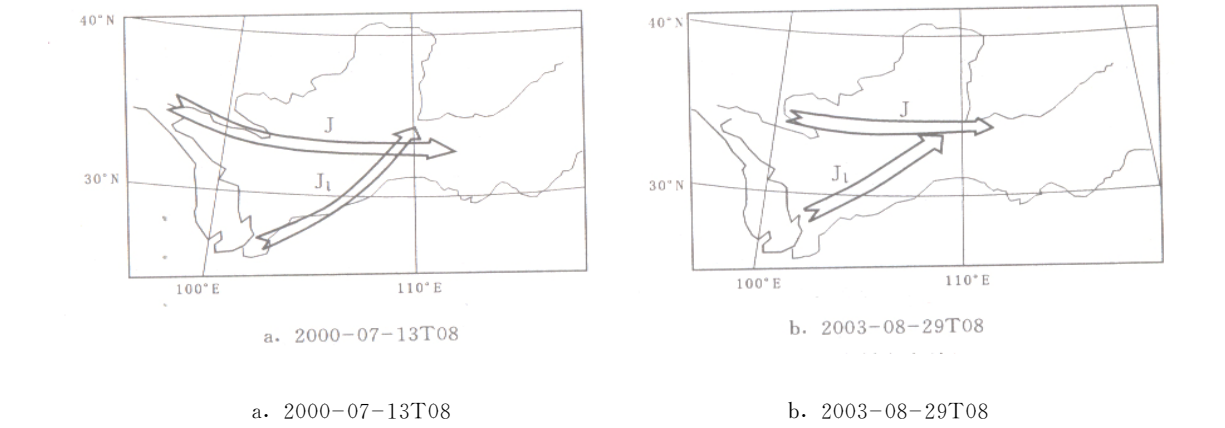


图3 两次暴雨高低空急流耦合图(J为高空急流,J<sub>1</sub>为低空急流)

有较弱的对流云团,并缓慢发展;04时对流云团明显发展加强,云顶最低温度达-61℃,笼罩着川陕渝交界地区;06—08时云团继续发展,范围逐渐扩大,同时四川盆地又有对流云发展加强,向东北方向移动;09时,从四川盆地东移的对流云团逼近巴山地区,在该地区迅速加强,而其以东的对流云团已发展至成熟阶段,两云团有合并趋势;10—11时两云团逐渐合并,迅速加强发展成一中尺度的暴雨云团,笼罩着陕南大部、川东北和重庆北部,强中心位于巴山北坡的紫阳西南、镇巴南部至四川的万源,云顶最低温度达-69℃,上述地区的降水峰值也在该时段;下午15时以后云团强度开始减弱,降水强度减小。

2003年8月26日,从东北经华北至高原东部有一冷锋云系,锋面云系中不断有中尺度的对流云团生成发展,引起剧烈的降水天气,28日开始影响陕西。28日18时的红外云图上,大范围的锋面云系几乎笼罩着整个陕西,秦岭以北的关中地区上空东西走向排列着零散的初生对流云团;20时对流云团开始合并加强,并翻越秦岭,四川东北部到巴山地区维持一西南—东北走向的梭状晴空区,与700 hPa图上低空急流的位置相对应,说明该区域存在强烈的流入气流,对秦岭地区的对流发展十分有利;21时对流云团发展旺盛,在秦岭南坡的宁陕等地上空维持一边界清晰、结构密实的中-β尺度对流云团,与周围灰暗的环境云系对比明显;22时对流云团发展到成熟阶段,细胞状结构十分清晰,范围达到最大,覆盖着宁陕、

柞水、镇安北部等地,该地区降水的峰值出现;23时云团开始缓慢东移散开;29日00时云系明显减弱东移,地面降水随之减小。

6 结论

- 6.1 秦巴山区的特大暴雨有其特殊的时空分布特征,暴雨中心多位于喇叭口地形和迎风坡,时间分布多表现为夜雨型,且降水集中,持续时间短、强度大。
- 6.2 强降水产生是副热带高压外围的西南气流、高空槽、低空切变线和高低空急流等共同作用的结果。“7.13”紫阳暴雨发生在副热带高压增强西伸时,“8.29”暴雨发生在副热带高压减弱东退时。
- 6.3 特大暴雨发生前20 h左右,暴雨区上空的水汽通量(水汽输送)和水汽通量散度(水汽辐合)形成最大中心,分析预报点上空的水汽变化特征具有预报意义。
- 6.4 特大暴雨发生时,低层辐合,高层辐散,垂直运动旺盛,抽吸作用强烈。
- 6.5 中尺度对流云团在秦巴山地的生成和旺盛发展,造成了该地区的特大暴雨天气。

参考文献:

[1] 杜继稳. 陕西省短期天气预报手册[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 66.

[2] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京: 气象出版社, 2005: 443.

[3] 寿绍文. 中尺度气象学[M]. 北京: 气象出版社, 2003: 238.

[4] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 150-161.